

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :

A61B 17/32

A2

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 00/45719**

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

10. August 2000 (10.08.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/10399

(22) Internationales Anmeldedatum: 28. Dezember 1999  
(28.12.99)

(30) Prioritätsdaten:  
199 04 640.9 5. Februar 1999 (05.02.99) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): WITTEN-  
STEIN GMBH & CO. KG [DE/DE]; 4-9, Herrenwiesen-  
strasse, D-97999 Igersheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BUISCH, Michael [DE/DE];  
32b, Waldweg, D-88718 Daisendorf (DE). BAUMGART,  
Rainer [DE/DE]; 26, Schieggstrasse, D-81479 München  
(DE).

(74) Anwalt: WEISS, Peter, 4, Zeppelinstrasse, D-78234 Engen  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,  
CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: METHOD FOR SEVERING OR REMOVING A BIOLOGICAL STRUCTURE, ESPECIALLY BONES

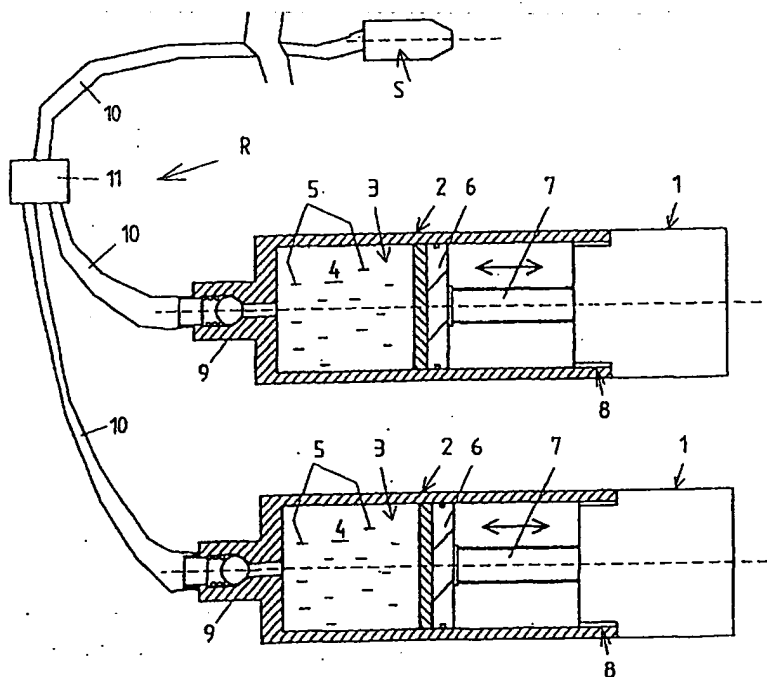
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM TRENNEN ODER ENTFERNEN EINER BIOLOGISCHEN STRUKTUR, INSBESONDERE  
KNOCHEN

(57) Abstract

The invention relates to a method for severing or removing a biological structure, especially bones, by using a water jet cutting device (R) from which a pressurized severing medium (4) is discharged. According to the invention, the severing medium (4) should be projected onto the biological structure in a pulsed manner.

(57) Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage (R), aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium (4) ausgebracht wird, soll das Trennmedium (4) pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht werden.



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                      |    |  |    |                                   |
|----|------------------------------|----|--------------------------------------|----|--|----|-----------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                              | LS | Lesotho  | SI | Slowenien                         |
| AM | Armenien                     | FI | Finnland                             | LT | Litauen  | SK | Slowakei                          |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                           | LU | Luxemburg  | SN | Senegal                           |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                                | LV | Lettland   | SZ | Swasiland                         |
| AZ | Aserbaidschan                | GB | Vereinigtes Königreich               | MC | Monaco   | TD | Tschad                            |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                             | MD | Republik Moldau                                    | TG | Togo                              |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                                | MG | Madagaskar   | TJ | Tadschikistan                     |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                               | MK | Die ehemalige jugoslawische<br>Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                      |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                         | ML | Mali   | TR | Türkei                            |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                               | MN | Mongolei   | TT | Trinidad und Tobago               |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                               | MR | Mauretanien  | UA | Ukraine                           |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                               | MW | Malawi   | UG | Uganda                            |
| BY | Belarus                      | IS | Island                               | MX | Mexiko   | US | Vereinigte Staaten von<br>Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                              | NE | Niger  | UZ | Usbekistan                        |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                                | NL | Niederlande  | VN | Vietnam                           |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                                | NO | Norwegen   | YU | Jugoslawien                       |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                          | NZ | Neuseeland   | ZW | Zimbabwe                          |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik<br>Korea | PL | Polen  |    |                                   |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                       | PT | Portugal   |    |                                   |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                           | RO | Rumänien   |    |                                   |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                            | RU | Russische Föderation                               |    |                                   |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                        | SD | Sudan  |    |                                   |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                            | SE | Schweden   |    |                                   |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                              | SG | Singapur   |    |                                   |
| EE | Estland                      |    |                                      |    |  |    |                                   |

5

10

15

Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer  
biologischen Struktur, insbesondere Knochen

20

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage, aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium ausgebracht wird sowie ein Schneiddüsenelement und eine Wasserstrahlschneidanlage.

25

30

35

Derartige Verfahren sind in vielfältiger Form und Ausführung auf dem Markt bekannt und gebräuchlich. Insbesondere in der Medizin ist bekannt, mit Wasserstrahlschneiden einen Knochen, beispielsweise von aussen zu durchtrennen. Nachteilig daran ist, dass bei herkömmlichen Wasserstrahlschneidverfahren das Weichteilgewebe und nicht nur der Knochen zerstört werden. Das Gefäßsystem im Weichteilgewebe beim Knochen ist insbesondere für das Zusammenwachsen des Knochens bzw. für die Kallusneubildung wichtig. Daher ist es erforderlich beim Wasserstrahlentfernen bzw. Durchtrennen von biologischen Substanzen, insbesondere von Knochen,

möglichst schonend eine Entfernung bzw. Durchtrennung des Knochens vorzunehmen. Bei herkömmlichen Wasserstrahlschneidverfahren wird über eine Schneiddüse das Wasser direkt auf den freigelegten Knochen aufgebracht, wobei das  
5 auch im Knochen vorhandene Gefäßsystem geschädigt wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Wasserstrahlschneidanlage mit Schneiddüsenelement zu schaffen, mit welchem auf einfache  
10 und schonende Weise eine Entfernung und/oder Durchtrennung von biologischen Substanzen, insbesondere von Knochen möglich ist. Es soll auch die Handhabbarkeit von entsprechenden Wasserstrahlschneidanlagen mit Schneiddüsenelementen erheblich verbessert werden. Ferner ist Aufgabe  
15 der vorliegenden Erfindung, die Operationszeiten, insbesondere beim Trennen oder Durchtrennen von Knochen zu verkürzen, wobei hierdurch hohe Operationskosten reduziert werden sollen. Zudem soll eine Operation für den Patienten bei schnellerer Genesung wesentlich schonender erfolgen.

20

Die Lösung dieser Aufgabe ist, dass das Trennmedium pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht wird.

Hierdurch wird gewährleistet, dass insbesondere das  
25 Weichteilgewebe durch einen pulsierten Strahl zurückbewegt und anschliessend das Trennmedium auf den Knochen trifft, um diesen teilweise zu entfernen oder um diesen zu durchtrennen. Dabei kann es auch von Vorteil sein, eine entsprechende Schneiddüse zum Durchtrennen des Knochens in  
30 die Markhöhle des Knochens einzuführen und radial den Knochen mit einer Kerbe von innen zu versehen. Beispielsweise wird eine radial angeordnete Düse in einem Schneiddüsenelement in der Markhöhle eines Röhrenknochens während dem Ausbringen des Trennmediums gedreht. Dabei kann  
35 der Knochen zumindest teilweise von innen durchtrennt werden. Es kann unter Umständen auch ausreichen, lediglich

eine Kerbe in den Knochen einzuschneiden, damit er anschliessend in herkömmlicher Weise von aussen durch einen kleinen Schlag getrennt bzw. durchbrochen werden kann. Die äussere Knochenhaut wird dabei nicht zerstört. Eine  
5 anschliessende Weiterbehandlung des Knochens, beispielsweise Distraction, kann dann erfolgen.

Wichtig ist jedoch, dass über diese Verfahren ganz gezielt ein pulsierter Wasserstrahl, d.h., in einer ganz bestimmten  
10 Frequenz unter einer Druckänderung aus einer Düsenöffnung eines Schneiddüsenkörpers ausgebracht wird. Diese Pulsation bzw. das Pulsieren wird definiert als Druckänderung eines Wasserstrahles, welcher entweder nur eine geringfügige oder eine vollständige Druckänderung bis zum absoluten  
15 Druckabfall erfährt. Dem Trennmedium kann ein biologisch geeignetes anorganisches und/oder organisches Abrasivmittel zugeführt werden, damit die Abtragsleistung beim Wasserstrahlschneiden erheblich erhöht wird. Auf diese Weise lassen sich Knochen mit wesentlich geringeren Drücken  
20 durchtrennen.

Wichtig ist jedoch, dass das pulsierte Ausbringen des Trennmediums ein Zurückbewegen von weichem, elastischen Gewebe beim Auftreffen zur Folge hat, wobei hingegen beim  
25 Auftreffen des Trennmediums auf das Knochengewebe dieses durchtrennt oder entfernt wird.

Dadurch, dass das Trennmedium pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht wird und Arbeitsdrücke verwendet  
30 werden, die ohne Pulsation zu einer Zerstörung der weichen Strukturen führen würden und durch die geeignete Wahl der Pulsation diese weichen biologischen Strukturen aufgrund ihrer höheren Elastizität im Vergleich zu den umliegenden härteren biologischen Strukturen mit geringerer  
35 mechanischer Belastung im elastischen Bereich beansprucht werden, werden die härteren biologischen Strukturen

aufgrund der Überschreitung der Elastizitäts- bzw. Bruchgrenze getrennt.

5 Wird ein Schneiddüsenelement in den Knochen eingeführt, so ist ein entsprechendes Element, insbesondere Schlauchelement od.dgl. vorgesehen, um das austretende Medium aus dem Inneren des Knochens abzusaugen.

10 Die Pulsation wird in der Schneiddüse im wesentlichen durch sich verändernde Querschnitte in dem Schneiddüsenelement selbst erzeugt. Dies hat zum Vorteil, dass keine Trägheitsverluste, durch beispielsweise lange ggf. elastische oder nachgiebige Schlauchleitungen einen sich ändernden Druckimpuls abschwächen würden.

15

Damit eine entsprechende Pulsation in den einzelnen Schneiddüsenelementen erzeugt werden kann, sitzt innerhalb eines Schneiddüsenkörpers ein Absperrelement, welches ein innerhalb oder ausserhalb von diesem entlangströmendes  
20 Medium durch rotatorische oder translatorische Hin- oder Herbewegung beeinflusst. Eine Querschnittsveränderung erfolgt. Dabei erfolge eine Druckänderung, insbesondere ein Druckabfall. Der Druckabfall kann sogar gegen Null gehen.

25 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll jedoch auch liegen, dass die Druckänderungen in kleinen und auch grossen Bereichen stattfinden können. Hier sei der Erfindung ebenfalls keine Grenze gesetzt.

30 Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein Schneiddüsenelement gebildet, welches zumindest eine radiale Schneiddüsenöffnung aufweist. Dieses Schneiddüsenelement wird in einen Knochen eingeführt, ggf. über nicht dargestellte stirnseitige Abstandhalter in einer bestimmten  
35 Position gehalten. Durch axiales Verdrehen des Schneiddüsenkörpers wird bei gleichzeitigem Ausbringen eine

Kerbe oder sogar eine Durchtrennung des Knochens erzeugt. Damit das abfliessende Trennmittel nicht im Knocheninnenraum verbleibt, ist das entsprechende Absporrelement, welches innerhalb des Schneiddüsenkörpers  
5 vorgesehen ist, als Hohlwelle ausgebildet und kann die Flüssigkeit aus dem Innenraum des Knochens absaugen. Damit auch andere Anwendungen zum Trennen bzw. Entfernen von Knochen möglich sind, sind in anderen Ausführungsbeispielen Schneiddüsenelemente aufgezeigt, welche stirnseitige  
10 Düsenöffnungen aufweisen. Auch diese lassen sich in einer bestimmten Frequenz, die wählbar ist, öffnen und verschliessen, so dass ein pulsierter Wasserstrahl ausbringbar ist.

15 Eine entsprechende Wasserstrahlschneidanlage ist mit einem austauschbaren Vorratsbehältnis unterschiedlicher Grösse bestückt, wobei im wesentlichen das Vorratsbehältnis austauschbar mit einer Druckerzeugungseinrichtung verbind-  
20 bar ist. Die Druckerzeugungseinrichtung ist bevorzugt elektromechanischer Art und bewegt einen Linearantrieb auf ein Druckkolbenelement. Hierdurch wird in einem Druckraum ein Druck erzeugt, welcher über eine Verbindungsleitung dem Schneiddüsenelement zugeführt werden kann. Bevorzugt sind  
25 die Vorratsbehältnisse von unterschiedlich wählbarer Grösse und enthalten das Trennmedium mit ggf. Abrasivmitteln.

Lediglich das Schneiddüsenelement muss nach dem Operieren gereinigt werden. Das Vorratsbehältnis wird lediglich ausgetauscht und kann nach dem Gebrauch recycelt werden.

30

Von Vorteil ist ferner, dass eine derartige Wasserstrahlschneidanlage äusserst klein und kostengünstig herzustellen ist, da auf die Druckerzeugungseinrichtung ein beliebiges Vorratsbehältnis aufgesetzt werden kann.

35

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**



Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in

5

Figur 1 eine schematisch dargestellte Draufsicht auf eine erfindungsgemässe Wasserstrahlschneidanlage mit austauschbarem Vorratsbehältnis;

10 Figur 2 einen schematisch dargestellten Teillängsschnitt durch ein erfindungsgemässes Schneiddüsenelement;

Figur 3 einen teilweise dargestellten Längsschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines weiteren  
15 Schneiddüsenelementes;

Figur 4 einen schematisch dargestellten Teillängsschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel des Schneiddüsenelementes.

20

Gemäss Figur 1 weist eine erfindungsgemässe Wasserstrahlschneidanlage R zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere eines menschlichen Knochens eine Druckerzeugungseinrichtung 1 auf, an welche  
25 sich vorzugsweise austauschbar ein Vorratsbehältnis 2 anschliesst. Das Vorratsbehältnis 2 weist einen Druckraum 3 auf, in welchem ein Trennmedium 4 eingebracht ist. Vorzugsweise ist das Trennmedium 4 steriles und keimfreies Wasser, welches ggf. mit Abrasivmittel 5 angereichert ist.  
30 Als Abrasivmittel 5 können anorganische oder organische Stoffe, wie bspw. Natriumchloride, biologische Aminosäuren, Mono- und Disacheride sowie Zucker und Alkohole verwendet werden. Diese Abrasivmittel 5 können auch über Injektoren od. dgl., wie sie hier nicht dargestellt sind, zugeführt  
35 werden.

Das Vorratsbehältnis 2 ist mittels eines Druckkolbenelementes 6 verschlossen, welches über einen Linearantrieb 7 der Druckerzeugungseinrichtung 1 betätigbar ist. Bevorzugt ist der Linearantrieb 7 eine ausfahrbare mechanische Spindel, die insbesondere als elektromechanisch betriebenen Linaraktuator der Druckerzeugungseinrichtung 1 antreibbar ist. Über hier nicht dargestellte Getriebe und dgl. Antriebselemente kann die Spindel ausgefahren werden und einen sehr hohen Druck auf den Druckkolben 6 ausüben. Dabei stützt sich das Vorratsbehältnis 2 über einen Schnellverschluss 8 an der Druckerzeugungseinrichtung 1 ab. Der Schnellverschluss 8 kann von unterschiedlichster Art sein und eine Gewindeverbindung, eine Steckverbindung, einen Bajonettverschluss od. dgl. aufweisen. Hier sei der Erfindung keine Grenze gesetzt.

Wichtig ist jedoch, dass nach einem vollständigen Ausbringen des Trennmediums 4 aus dem Druckraum 3 durch Bewegen des Druckkolbenelementes 6 in Richtung eines Auslassventiles 9 das Medium 4 vollständig über eine Verbindungsleitung 10 einem Schneiddüsenelement S zugeführt wird. Dort wird unter sehr hohem Druck das Trennmedium 4 radial oder axial ausgebracht.

Das Auslassventil 9 ist vorzugsweise als Rückschlagventil ausgebildet. Dieses ist wiederlösbar mit der Verbindungsleitung 10 verbunden, wobei auch daran gedacht sein kann, eine lösbare Verbindung zwischen Auslassventil 9 und Druckerzeugungseinrichtung 1 herzustellen.

Die Funktionsweise der vorliegenden Wasserstrahlschneid-anlage ist folgende:

Zum Wasserstrahlschneiden wird ein Trennmedium unter Druck, insbesondere druckbeaufschlagt dem Schneiddüsenelement S zugeführt. Hierzu wird das Vorratsbehältnis 2 der

Druckerzeugungseinrichtung 1 aufgesetzt. Das Trennmedium 4 ist eingefüllt. Das Vorratsbehältnis 2 wird dann durch Beaufschlagung des Druckkolbens 6 über den Linearantrieb 7 mit Druck beaufschlagt, so dass vollständig das Trennmedium 4 über die Verbindungsleitung 10 dem Schneiddüsenelement S zugeführt werden kann. Damit keine Totzeiten beim Operieren entstehen, wenn bspw. ein Vorratsbehältnis entleert ist, kann eine zweite Druckerzeugungseinrichtung 1 mit einem zweiten Vorratsbehältnis 2 vorgesehen sein, welche gemeinsam über ein Wegeventil 11 das Trennmedium 4 dem Schneiddüsenelement S zuführt. Während das eine Vorratsbehältnis beim Operieren entleert wird, kann das andere Vorratsbehältnis ausgetauscht werden.

Vom vorliegenden Erfindungsgedanken sollen auch unterschiedliche Vorratsbehältnisse 2 mit unterschiedlich grossen Aufnahmevolumen für Trennmittel universell ausgebildet sein, die beispielsweise auf eine einzige Druckerzeugungseinrichtung 1 passen.

20

In Figur 2 ist ein mögliches Schneiddüsenelement S<sub>1</sub> aufgezeigt, welches einen Schneiddüsenkörper 12 aufweist, der im Inneren hohl ausgebildet ist. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist radial zumindest eine Düsenöffnung 13 vorgesehen, durch welche das Trennmedium 4 unter sehr hohem Druck zum Trennen, Schneiden oder Entfernen ausströmt.

Innerhalb des Schneiddüsenkörpers 13 ist ein Absperrelement 14 vorgesehen welches, wie in Doppelpfeilrichtung Y dargestellt, axial hin- und herbewegbar ist.

Das Absperrelement 14 bildet über einen Konus 15 mit einem entsprechenden gleichartigen Verlauf des Schneiddüsenkörpers 12 einen konusartigen Ringspalt 16.

Im Anschluss an den Konus 15 ist das Absperrelement 14 verjüngt ausgebildet und bildet zum Schneiddüsenkörper 12 einen Ringraum 17, aus welchem das Trennmedium 4 durch die radial vorgesehene Düsenöffnungen 13 nach aussen ausströmt.

5 An den Ringraum 17 schliesst ein Wellenabsatz 18 des Absperrelementes 14 an, welcher nahezu spielfrei innen mit dem Schneiddüsenkörper 12 in Verbindung steht. Im Anschluss an den Wellenabsatz 18, welcher auch zur Zentrierung und axialen Führung des Absperrelementes 16 dient, schliesst  
10 ein Kraftspeicherelement 19 an, welches sich stirnseitig an dem Wellenabsatz 18 und andererseits stirnseitig am Schneiddüsenkörper 12 innen abstützt. Hierdurch wird permanent das Absperrelement 14 in einer X-Richtung ausgelenkt. Das Trennmedium 4 strömt durch den Ringspalt 16  
15 hindurch und wird anschliessend über den Ringraum 17 aus den Düsenöffnungen 13 unter hohem Druck ausgebracht.

Wichtig bei der vorliegenden Erfindung ist jedoch, dass ein pulsierender Strahl aus den Düsenöffnungen 13 aufgrund  
20 eines sehr kleinen Ringspaltes 16 im Bereich des Konus 15 erzeugt wird, in welcher das Trennmedium stark beschleunigt wird. Hierdurch entsteht ein Unterdruck, der den Ringspalt 16 weiter verringert, bis kein Trennmedium 4 fliesst. Hierdurch wird das Absperrelement 14 entgegen der  
25 dargestellten X-Richtung bewegt. Dadurch wird das Kraftspeicherelement 19 gespannt und beaufschlagt das Absperrelement 14 mit Druck. Dieses gibt dem Druck des Kraftspeicherelementes 19 nach und verursacht eine Bewegung des Absperrelementes 14 in dargestellter X-Richtung, so  
30 dass das Trennmedium 4 wieder durch den erweiterten Ringspalt 16, anschliessenden Ringraum 17 und damit durch die Düsenöffnung 13 ausströmen kann. Dieser Vorgang wiederholt sich.

35 Aufgrund unterschiedlich einstellbarer Drücke und wählbarer Kraftspeicherelemente 19 sowie unterschiedlicher Ringspalt-

geometrien des Ringspaltes 16 lässt sich eine Pulsation steuern bzw. einstellen. Diese Pulsation dient im wesentlichen zum Entfernen und Durchtrennen von Knochen sowie Gewebebestandteilen. Es hat sich als besonders  
5 günstig erwiesen, die Pulsation zu verwenden. Gewebestrukturen die nicht beschädigt werden dürfen, wie beispielsweise die Knochenhaut, werden durch einen pulsierenden Strahl nur im elastischen Bereich bewegt. Der pulsierte Strahl entfernt bzw. durchtrennt anschliessend  
10 die biologische Struktur, insbesondere den Knochen. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass nur geringfügig Knochenhaut bzw. sonstiges weiches Gewebe beim Durchtrennen von Knochen angegriffen bzw. beschädigt wird.

15 An das Absperrelement 14 schliesst ein Schlauchelement 22 an, welches vorzugsweise von elastischer Art ist. Es lässt eine axiale Bewegung des Absperrelementes 14 in dargestellter Y-Richtung zu. Gleichzeitig dient es zum Absaugen von Trennmittel 4, welches sich im Knocheninneren  
20 befindet, wenn das Schneiddüsenelement  $S_1$  in einen Knocheninnenraum eingeführt ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gemäss Figur 3 ist ein Schneiddüsenelement  $S_2$   
25 aufgezeigt, bei welchem in dem Schneiddüsenkörper 12 stirnseitig axial die Düsenöffnung 13 vorgesehen ist. Innerhalb des hohl ausgebildeten Schneiddüsenkörpers 12 ist ein Absperrelement 14 als Hohlwelle eingesetzt, welches in dargestellter Z-Richtung um eine Achse 20 drehbar ist.  
30 Stirnseitig ist in dem hohl ausgebildeten Absperrelement 14, welches passgenau in den Schneiddüsenkörper 12 passt, eine Austrittsöffnung 21 vorgesehen, die in einer bestimmten Lage mit der Düsenöffnung 13 übereinstimmt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll jedoch auch liegen,  
35 dass eine Mehrzahl von Austrittsöffnungen 21 stirnseitig vorgesehen sind, so dass bei einer Drehung des

## 12

Absperrelementes 14 pulsierend das Trennmedium 4, welches innerhalb des Absperrelementes 14 unter hohem Druck eingeführt ist, über die Austrittsöffnung 21 und bei Übereinstimmung mit der Düsenöffnung 13 nach aussen austritt. Durch die Anzahl der entsprechenden Austrittsöffnungen 21 bzw. durch die Rotationsgeschwindigkeit des Absperrelementes 14 um eine Achse 20 lässt sich Einfluss auf die Pulsation bzw. das getaktete Ausbringen von Trennmedium 4 aus der Düsenöffnung 13 nehmen. Die Rotation kann auf beliebige Weise, mechanisch, elektromechanisch oder sonstwie erfolgen.

In dem letzten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gemäss Figur 4 ist ein Schneiddüsenelement  $S_3$  aufgezeigt, bei welchem der Schneiddüsenkörper 12 ebenfalls hohl ausgebildet ist und stirnseitig im Bereich einer Achse 20 eine Düsenöffnung 13 aufweist.

Innerhalb des Schneiddüsenkörpers 12 sitzt axial bewegbar das Absperrelement 14, welches konusartig ausgebildet ist und in einen entsprechend gebildeten Konus des Schneiddüsenkörpers 12 eingreift. Zwischen Absperrelement 14 und dem Innenraum des Schneiddüsenkörpers 12 strömt das Trennmittel 4, wenn der Ringspalt 16 geöffnet ist. Ein Öffnen und Schliessen des Ringspaltes 16 erfolgt durch translatorische axiale Bewegung des Absperrelementes 14 in dargestellter Doppelpfeilrichtung Y. Diese Bewegung kann beispielsweise mechanisch, elektromechanisch oder sogar durch ein Piezoelement erzeugt werden. Hier sind vielerlei Möglichkeiten denkbar, die in den Rahmen der Erfindung fallen sollen.

## Positionszahlenliste

|    |                            |    |  |                |                           |
|----|----------------------------|----|--|----------------|---------------------------|
| 1  | Druckerzeugungseinrichtung | 34 |  | 67             |                           |
| 2  | Vorratsbehältnis           | 35 |  | 68             |                           |
| 3  | Druckraum                  | 36 |  | 69             |                           |
| 4  | Trennmedium                | 37 |  | 70             |                           |
| 5  | Abrasivmittel              | 38 |  | 71             |                           |
| 6  | Druckkolbenelement         | 39 |  | 72             |                           |
| 7  | Linearantrieb              | 40 |  | 73             |                           |
| 8  | Schnellverschluss          | 41 |  | 74             |                           |
| 9  | Auslassventil              | 42 |  | 75             |                           |
| 10 | Verbindungsleitung         | 43 |  | 76             |                           |
| 11 | Wegeventil                 | 44 |  | 77             |                           |
| 12 | Schneiddüsenkörper         | 45 |  | 78             |                           |
| 13 | Düsenöffnung               | 46 |  | 79             |                           |
| 14 | Absperrelement             | 47 |  |                |                           |
| 15 | Konus                      | 48 |  |                |                           |
| 16 | Ringspalt                  | 49 |  |                |                           |
| 17 | Ringraum                   | 50 |  |                |                           |
| 18 | Wellenabsatz               | 51 |  | R              | Wasserstrahlschneidanlage |
| 19 | Kraftspeicher              | 52 |  | S              | Schneiddüsenelement       |
| 20 | Achse                      | 53 |  | S <sub>1</sub> | "                         |
| 21 | Austrittsöffnung           | 54 |  | S <sub>2</sub> | "                         |
| 22 | Schlauchelement            | 55 |  | S <sub>3</sub> | "                         |
| 23 |                            | 56 |  |                |                           |
| 24 |                            | 57 |  | X              | Richtung                  |
| 25 |                            | 58 |  | Y              | Doppelpfeilrichtung       |
| 26 |                            | 59 |  |                |                           |
| 27 |                            | 60 |  |                |                           |
| 28 |                            | 61 |  |                |                           |
| 29 |                            | 62 |  |                |                           |
| 30 |                            | 63 |  |                |                           |
| 31 |                            | 64 |  |                |                           |
| 32 |                            | 65 |  |                |                           |
| 33 |                            | 66 |  |                |                           |

## P a t e n t a n s p r ü c h e

- 5 1. Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage (R) aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium (4) ausgebracht wird,
- 10 dadurch gekennzeichnet,
- dass das Trennmedium (4) pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht wird.
- 15 2. Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage (R) aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium ausgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Trennmedium (4) eine
- 20 Knochenwand zumindest teilweise von innen beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem pulsierenden Trennmedium die Knochenwand beauf-
- 25 schlagt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Trennmedium (4) ein organisches und/oder anorganisches Abrasivmittel (5)
- 30 zugegeben wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsation des Trennmediums (4) unmittelbar vor Austritt in einem Schneiddüsenelement
- 35 (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) erzeugt wird.



6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsation durch frequenz-  
tierende ggf. alternierende Druckänderung des auszubringenden Trennmediums (4) erzeugt wird.

5

7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsation im Schneiddüsen-  
element (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) mechanisch, pneumatisch, elektromagnetisch nach dem Piezoeffekt oder elektro-  
10 mechanisch erzeugt wird, wobei eine Frequenz der Druckänderung beliebig eingestellt wird.

8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsation erzeugt wird  
15 unter Ausnutzung des Effektes der Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Trennmediums in einem Spalt oder Ringspalt (16) bei gleichzeitiger Minderung des Druckes und die Verkleinerung des Spaltes durch ein bewegliches Absperrteil (14), welches durch den Unterdruck  
20 bewegt wird und einem Kraftspeicher, der bei Spalt Null und Strömung Null den Spalt wieder öffnet.

9. Wasserstrahlschneidanlage zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer  
25 Druckerzeugungseinrichtung (1), an welche zumindest ein Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) anschliessbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorratsbehältnis (2) mit zumindest einem eingebrachten Trennmittel (4) austauschbar der Druckerzeugungseinrichtung (1) zugeordnet ist.

30

10. Wasserstrahlschneidanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an das Vorratsbehältnis (2), insbesondere an einen Druckraum (3), zumindest ein Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) anschliessbar ist.

35

11. Wasserstrahlschneidanlage nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungseinrichtung (1) einen Linearantrieb (7), insbesondere einen elektromechanisch betriebenen Linearaktuator aufweist, welcher ein Druckkolbenelement (6) des Vorratsbehältnisses (2) mit Druck beaufschlagt.
12. Wasserstrahlschneidanlage nach wenigstens einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorratsbehältnis (2) wiederlösbar mit der Druckerzeugungseinrichtung (1) über zumindest einen Schnellverschluss (8) ggf. als Gewinde oder als Bajonettverschluss in Verbindung steht.
13. Wasserstrahlschneidanlage nach wenigstens einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Druckerzeugungseinrichtungen (1) mit austauschbaren Vorratsbehältnissen (2) an ein Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>3</sub>) anschliessbar sind, wobei entweder die eine oder andere Druckerzeugungseinrichtung (1) das Trennmedium (4) an das Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>3</sub>) fördert.
14. Schneiddüsenelement zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen, welchem ein unter Druck stehendes Trennmedium (4) zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass stirnseitig oder radial in einem Schneiddüsenkörper (12) zumindest eine Düsenöffnung (13) vorgesehen ist.
15. Schneiddüsenelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schneiddüsenkörper (12) zumindest ein Absperrelement (14) zum pulsierten Verschliessen der Düsenöffnung (13) zugeordnet ist.

16. Schneiddüsenelement nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrelement (14) innerhalb des Düsenkörpers (12) angeordnet ist.

5 17. Schneiddüsenelement nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrelement (14) innerhalb des Düsenkörpers (12) translatorisch und/oder rotatorisch bewegbar, insbesondere hin- und herbewegbar angeordnet ist.

10 18. Schneiddüsenelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass durch die translatorische und/oder rotatorische Bewegung des Absperrelementes (14) die Düsenöffnung (13) im zeitlichen Abstand, pulsiert verschliessbar ist.

15

19. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb zwischen Schneiddüsenkörper (12) und Absperrelement (14) ein Spalt oder konusartiger Ringspalt (16) gebildet ist, durch  
20 welchen das Trennmedium (4) strömt.

20. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche  
15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zum Absaugen von  
Trennmittel und biologischen Substanzen das Absperrelement  
25 (14) hohlwellenartig ausgebildet ist und stirnseitig aus  
dem Schneiddüsenkörper (12) herausragt.

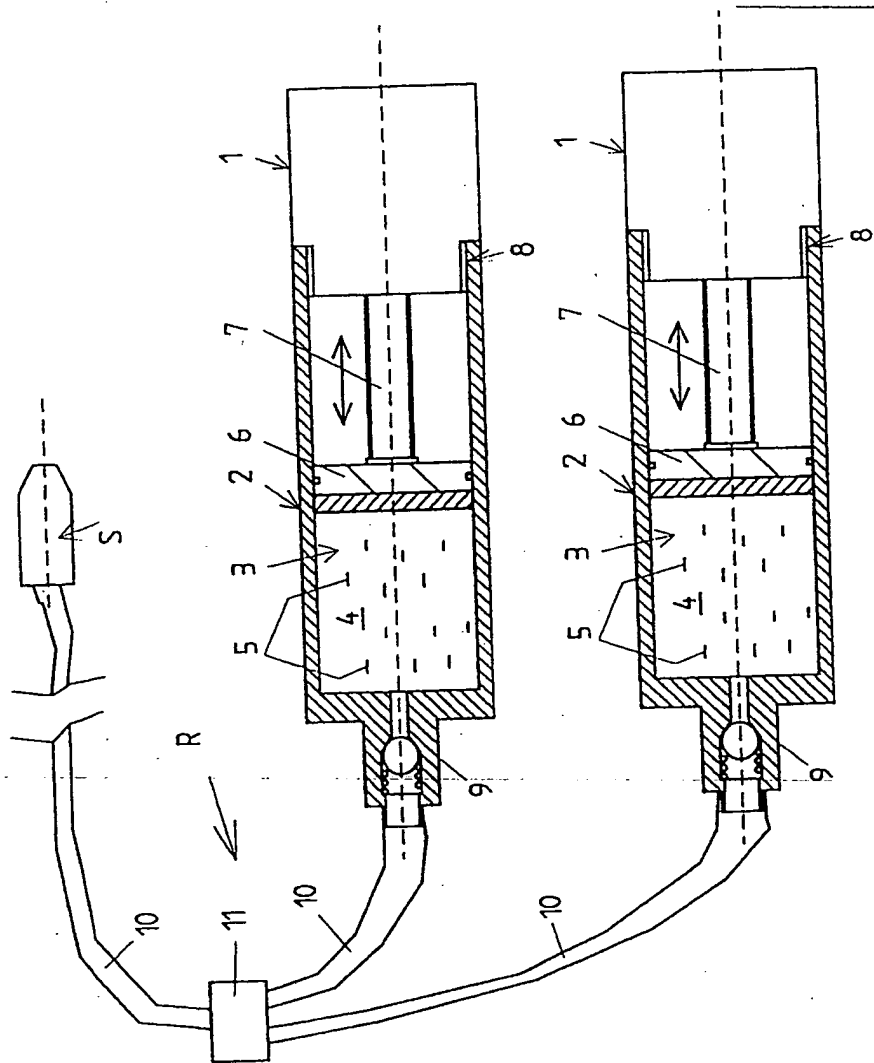
21. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche  
15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrelement  
30 (14) mit einem die Düsenöffnung (13) verschliessenden  
Wellenabsatz (18) versehen ist, welcher axial mittels eines  
Kraftspeicherelementes (19) druckbeaufschlagt ist.

22. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche  
35 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass an das  
Absperrelement (14) zum Absaugen ein elastisches

Schlauchelement (22) anschliesst, welches eine translatorische und/oder rotatorische Bewegung des Absperrelementes (14) ausgleicht.

- 5 23. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass in den Schneiddüsenkörper (12) ein rotierbares Absperrelement (14) eingesetzt ist.
- 10 24. Schneiddüsenelement nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass dem Absperrelement (14) ein Trennmedium (4) zugeführt wird, welches zumindest eine radiale oder axiale Austrittsöffnung (13) aufweist, welche durch Rotation und/oder Translation auf eine
- 15 übereinstimmende Düsenöffnung (13) des Schneiddüsenkörpers (12) bewegbar ist.
25. Verwendung von Komponenten der Common-Rail-Einspritztechnik, insbesondere für Druckerzeugung,
- 20 Ventiltechnik und elektronische Steuerung für eine Wasserstrahlschneidanlage und/oder ein Schneiddüsenelement.

Fig. 1



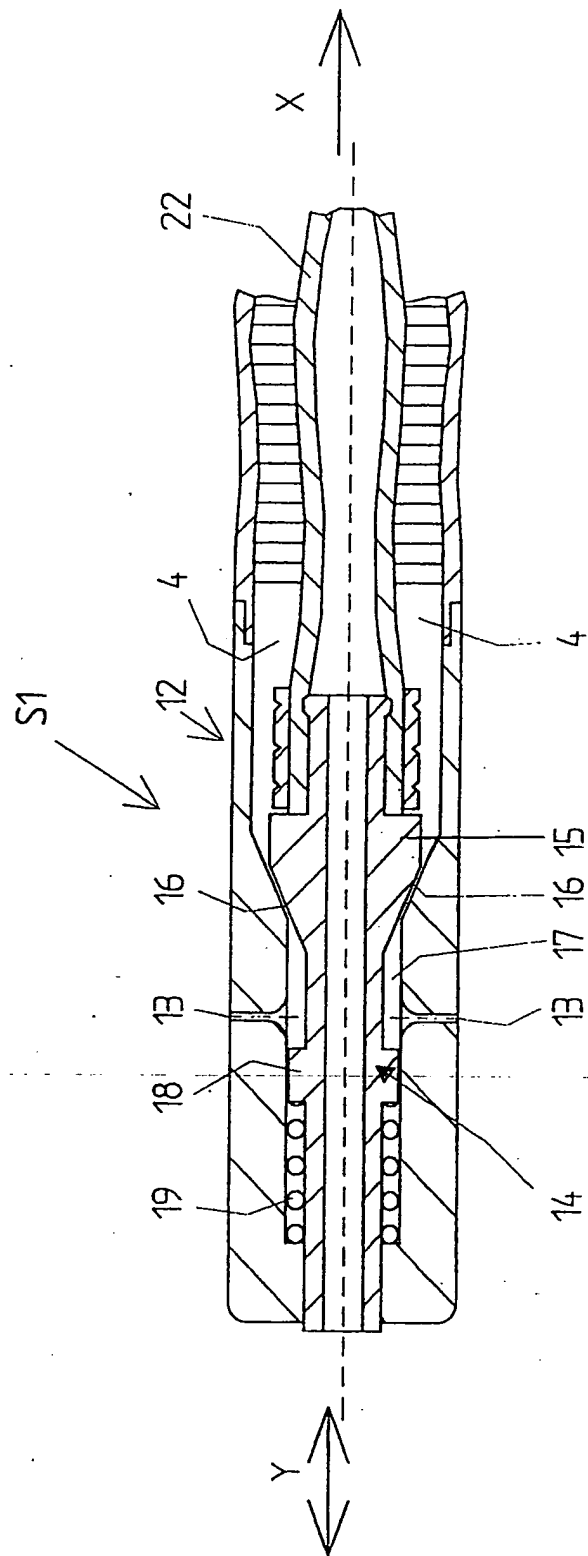


Fig. 2

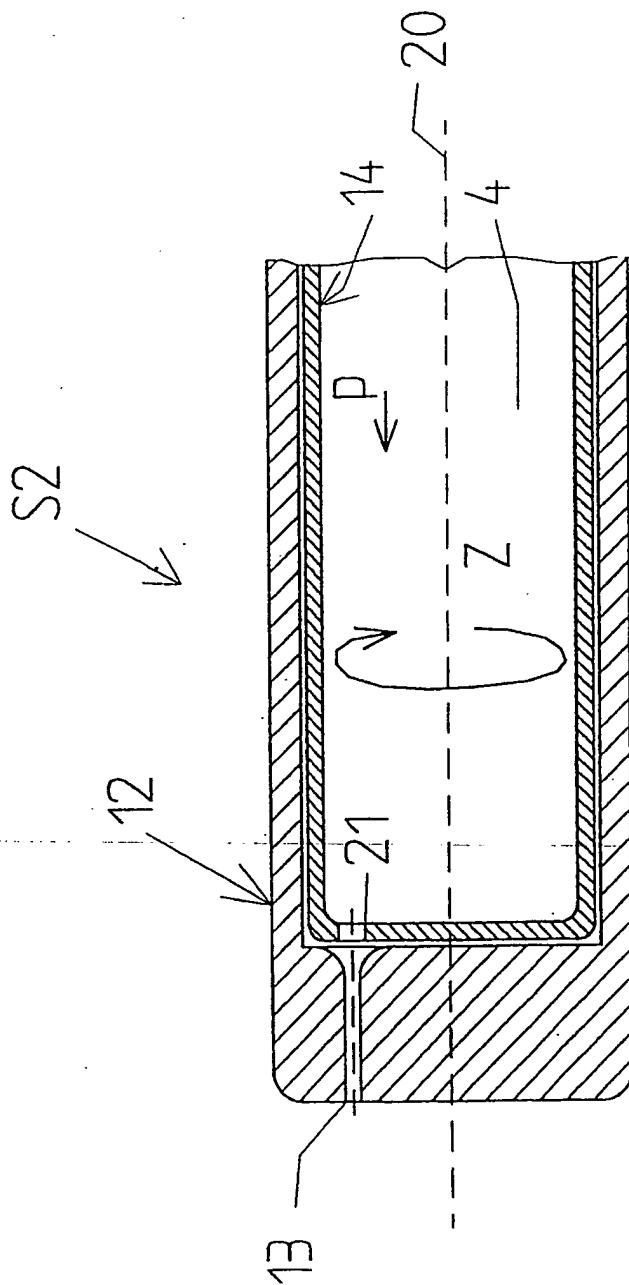


Fig. 3

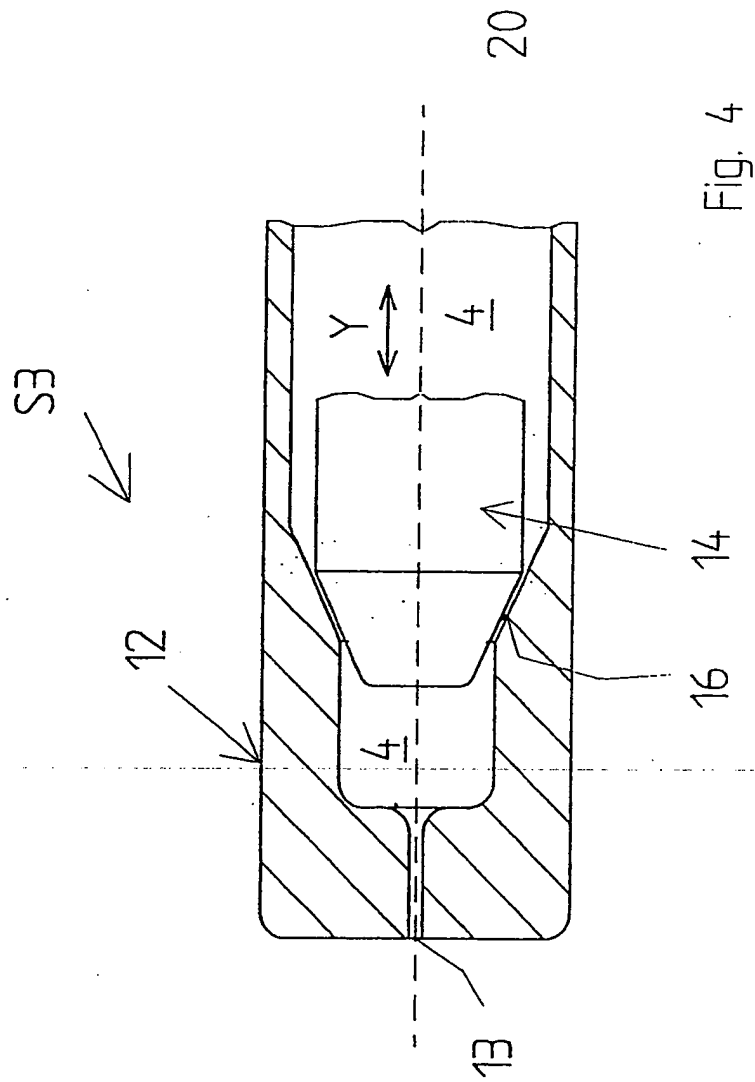


Fig. 4